

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 742 011

(21) N° d'enregistrement national :

95 14169

(51) Int Cl<sup>6</sup> : H 02 N 2/12

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 30.11.95.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : SFIM INDUSTRIES SOCIETE  
ANONYME — FR.

(72) Inventeur(s) : AUDREN JEAN THIERRY.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 06.06.97 Bulletin 97/23.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

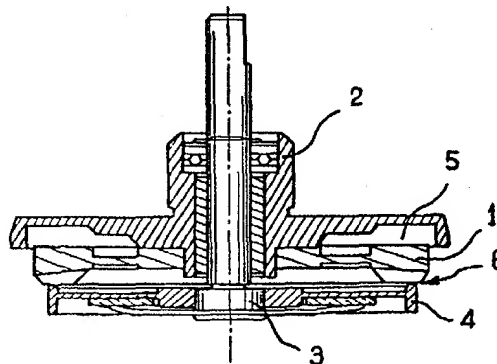
(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : REGIMBEAU.

(54) MOTEUR A VIBRATIONS A INTERFACE ROTOR/STATOR A ALLIAGE A MEMOIRE DE FORME.

(57) Moteur à vibrations comportant un stator (1) et un rotor  
(4), ainsi que des moyens d'excitation pour déformer ledit  
stator (1) selon un mode vibratoire destiné à lui permettre  
d'entraîner en rotation le rotor (4), caractérisé en ce qu'il  
comporte un alliage à mémoire de forme, au niveau d'une  
zone de contact réciproque entre le rotor (4) et le stator (1).



FR 2 742 011 - A1



La présente invention est relative aux moteurs à vibrations.

Les moteurs à vibrations sont également connus sous d'autres noms tels que moteurs ultrasonores pour  
5 faire référence à leur fréquence préférée d'utilisation ou moteurs piézoactifs pour faire référence à leur matériau d'excitation préféré.

Les moteurs à vibrations comportent classiquement une interface de contact rotor-stator qui est le siège de  
10 phénomènes permettant l'entraînement du rotor par rapport au stator.

Ils fonctionnent sur le principe de la combinaison d'une déformation cyclique du stator tangente à la surface de contact avec une force normale cyclique synchrone. Ces  
15 déformations et forces cycliques sont obtenues par le biais d'un matériau actif piézoélectrique, magnétostrictif ou électrostrictif. La combinaison de la déformation tangentielle et de la force normale crée par frottement une force moyenne non nulle permettant l'entraînement du  
20 rotor selon un mouvement continu de direction constante.

Les moteurs à vibrations ne délivrent aujourd'hui que des puissances mécaniques limitées à quelques dizaines de watts. Toutefois, ils présentent souvent déjà des densités massiques de puissance bien meilleures que celles  
25 des motoréducteurs classiques.

On peut également remarquer qu'ils travaillent généralement autour de points de fonctionnement qui chargent peu les céramiques des rotors et stators vis-à-vis de leur possibilité : 1 à 2 Mpa par rapport à des  
30 limites de charge de l'ordre de 50 Mpa. L'augmentation de la charge de ces céramiques permettrait d'augmenter le couple du moteur, sans augmenter la masse de celui-ci. Elle permettrait par conséquent d'atteindre des puissances de fonctionnement accrues pour des densités massiques de  
35 puissance encore plus importantes.

Toutefois, l'augmentation de la puissance utile va se traduire dans les conceptions actuelles par une augmentation de la dissipation énergétique à l'interface de friction entre le rotor et le stator.

5 C'est ce qui a été illustré sur les figures 1a à 1c, sur lesquelles on a représenté le cycle de fonctionnement d'un moteur piézoactif actuel.

Plus particulièrement, sur la figure 1a, on a porté un cycle de la force normale réciproque à laquelle  
10 sont soumises les zones de friction du rotor et stator.

Cette force est présentée sous forme sinusoïdale car la plupart de ces moteurs travaillent sur la base de mouvements sinusoïdaux pour améliorer leur fonctionnement grâce aux résonnances. Bien entendu, d'autres types  
15 d'excitation sont possibles. Cependant, pour simplifier la présentation, on s'est placé dans le cas le plus courant de vibrations sinusoïdales.

La vitesse tangentielle  $V_{Stat}$  des zones de contact du stator est présentée sur la figure 1b.

20 On a également porté sur cette figure 1b la vitesse de rotation  $V_{Rot}$  du rotor en régime permanent.

Il y a entraînement du rotor lorsque la vitesse tangentielle des zones de friction du stator est égale ou supérieure à la vitesse du rotor.

25 La puissance perdue par frottement lors d'un tel cycle a été illustrée sur la figure 1c pour deux points de fonctionnement du moteur, au démarrage en trait plein et à la vitesse  $V_{Rot}$  en traits pointillés.

Au démarrage, c'est-à-dire pour  $V_{Rot} = 0$ , elle est  
30 moindre, mais non négligeable, pendant la période du cycle où les zones de friction du stator présentent une vitesse négative, c'est à dire lorsqu'elles retournent à leur position initiale après avoir entraîné le rotor.

A vitesse stabilisée, c'est-à-dire pour  $V_{Rot} > 0$ ,

la puissance perdue diminue pendant l'entraînement, alors qu'elle augmente pendant la période de retour des zones d'entraînement.

Un but de l'invention est de proposer un moteur  
5 piézoactif dans lequel les dissipations énergétiques liées aux frottements cycliques sont supprimées, ou à tout le moins très fortement diminuées.

Il est notamment possible, avec une telle  
10 structure de moteur de développer, à densité massique équivalente, des couples de fonctionnement très supérieurs à ceux des moteurs à vibrations de l'art antérieur.

A cet effet, l'invention propose un moteur à  
vibrations comportant un stator et un rotor, ainsi que des  
15 moyens d'excitation pour déformer ledit stator selon un mode vibratoire destiné à lui permettre d'entraîner en rotation le rotor, caractérisé en ce qu'il comporte un alliage à mémoire de forme, au niveau d'une zone de contact réciproque entre le rotor et le stator.

En particulier, avantageusement, les moyens  
20 d'excitation sont commandés de façon que pour chaque cycle élémentaire, le rotor et le stator soient en appui réciproque sans glissement au niveau de ladite zone de contact sur une première partie du cycle, et sans appui réciproque sur l'autre partie du cycle.

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit. Cette description est purement illustrative et non limitative. Elle doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

30 - les figures 1a à 1c, déjà discutées, sont des graphes illustrant le fonctionnement d'un moteur piézoactif de l'art antérieur ;

- la figure 2 est une représentation schématique  
35 en coupe d'une structure possible pour un moteur piézoactif proposé par l'invention ;

- la figure 3 est un graphe sur lequel on a porté les courbes d'hystérésis contrainte/déformation d'un alliage à mémoire de forme ;

5 - les figures 4a et 4b sont des graphes semblables à ceux des figures 1a et 1b pour un moteur piézoactif conforme à l'invention ;

- la figure 4c est un graphe représentant le couple de ce moteur, pour le cycle des figures 4a et 4b.

10 Le moteur à vibrations illustré sur la figure 2 est un moteur piézoactif de type ultrasonore.

Il comporte un stator 1 monté sur un corps 2, ainsi qu'un rotor 4 monté sur un axe 3 qui traverse le stator et le corps 2, ce rotor 4 étant entraîné par frottement par les déformations du stator 1.

15 La face du stator 1 opposée au rotor 4 porte une pluralité d'éléments 5 en céramique piézoélectrique répartis en anneau sur le stator 1 et destinés à déformer celui-ci, de façon à ce qu'il entraîne le rotor 4. Cet anneau 5 est excité en régime harmonique par une tension  
20 électrique sinusoïdale.

Les différentes zones de contact entre le stator 1 et le rotor 4 comportent un alliage à mémoire de forme.

Pour une présentation générale des alliages à mémoire de forme, on pourra avantageusement se référer à  
25 l'ouvrage :

E. Patoor, M. Berveiler - "Technologie des alliages à mémoire de forme" - Traité des Nouvelles Technologies - HERMES - 1994.

Les alliages à mémoire de forme ont en particulier  
30 la caractéristique d'être superélastique jusqu'à des températures très basses. Un exemple de courbes contrainte/déformation d'un tel alliage est donné à la figure 3. Comme on peut le voir sur cette figure, un tel alliage présente une plage superélastique importante  
35 pendant laquelle il se déforme à contrainte sensiblement

constante.

Par exemple, le moteur présente, au niveau des zones d'interface du stator 1 et/ou du rotor 4 une couche de quelques millimètres d'épaisseur en un alliage Cu-Zn-Al.

Cette couche 6 est par exemple une couche de contact. Elle peut bien entendu également être intégrée à un empilement et par exemple être protégée par un patin de contact en une céramique résistante.

En variante encore, afin d'ajuster aux valeurs souhaitables les caractéristiques de cette interface superélastique, notamment les valeurs des plateaux de contrainte en compression (normale) et en cisaillement (tangentielle), la couche 6 peut être remplacée par une structure plus élaborée telle que celle d'un champ d'éléments, par exemple un champ de pions.

Les interfaces à alliage à mémoire de forme proposées par l'invention permettent un fonctionnement avec des cycles de contrainte et de vitesse tels qu'illustrés sur les figures 4a et 4b.

La courbe sinusoïdale représentée sur la figure 4a est la courbe de la déformation imposée au stator 1 par les éléments piézoélectriques 5.

Pour une interface donnée, pendant la partie du cycle où le stator 1 et le rotor 4 sont en contact (partie I), leur force normale d'appui réciproque est écrêtée par la valeur de contrainte seuil de l'alliage à mémoire (figure 4a).

La force tangentielle de frottement - qui est proportionnelle à la force normale d'appui entre le stator 1 et le rotor 4 - est alors également constante et reste inférieure au seuil de glissement, de sorte que la zone de contact du stator 1 a alors une vitesse tangentielle égale à celle du rotor 4 (figure 4b).

En outre, les éléments piézoélectriques 5 sont

commandés de façon que la déformation imposée au stator 1 soit telle que sur la seconde partie du cycle (partie II), le stator 1 et le rotor 4 ne sont pas en contact, la force d'appui réciproque entre le stator 1 et le rotor 4 étant alors nulle (figure 4a).

Avec un tel fonctionnement, les pertes énergétiques dues aux frottements entre le stator 1 et le rotor 4 sont négligeables.

Elles sont nulles pendant la partie du cycle où le stator 1 et le rotor 4 sont en contact sans glissement, l'interface 6 en alliage à mémoire de forme accumulant l'énergie de déformation à contrainte constante lorsque la vitesse de la vibration est supérieure à celle du rotor, puis la restituant (figure 4b), lorsque la vitesse de la vibration diminue pour être inférieure à la vitesse du rotor.

Elles sont également nulles pendant l'autre partie du cycle, puisque le stator 1 et le rotor 4 ne sont alors pas en contact.

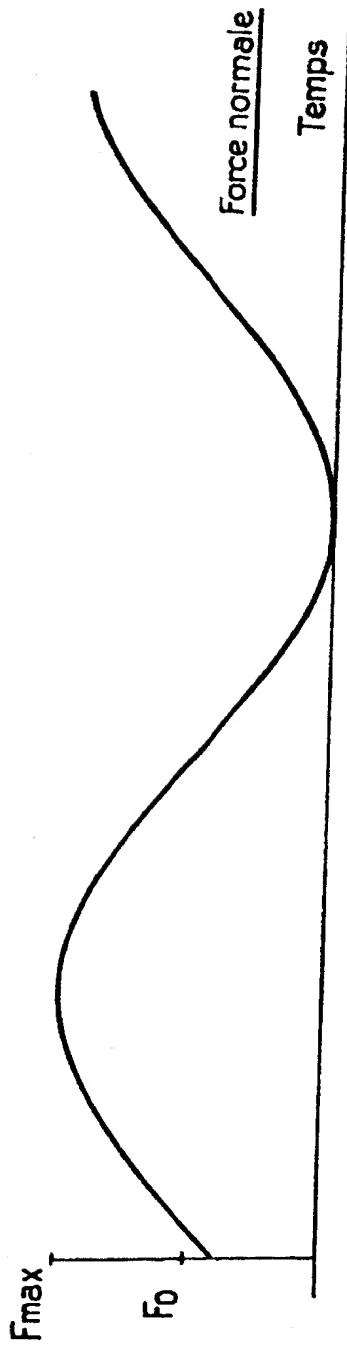
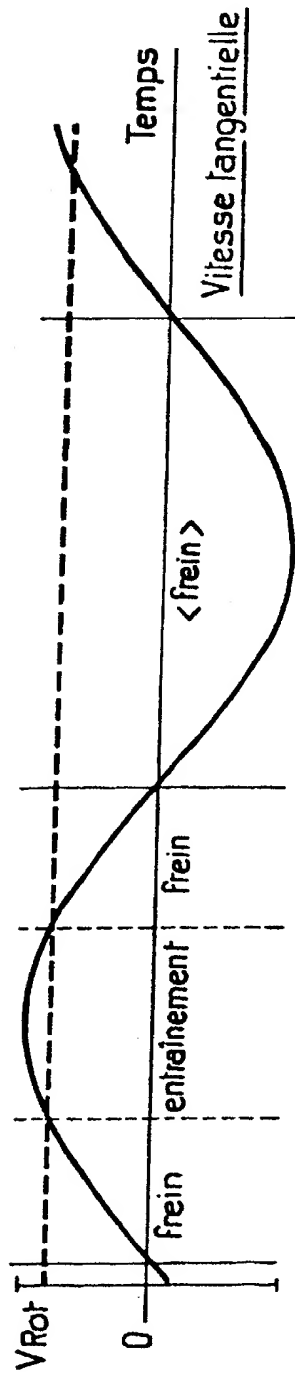
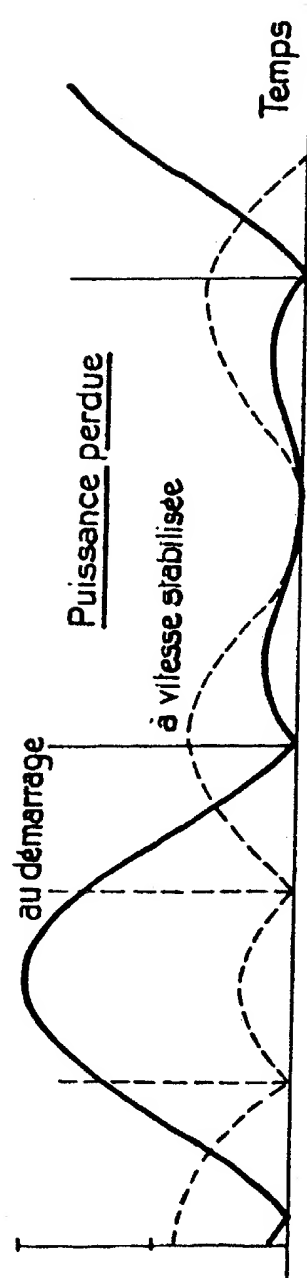
Etant donné que ces pertes énergétiques sont réduites, la charge des céramiques du moteur peut être plus importante que dans le cas de moteurs piézoactifs dépourvus d'éléments à mémoire de forme, ce qui permet d'envisager des amplitudes de couple plus importantes.

On notera en outre, ainsi qu'illustré sur la figure 4c, qu'avec un moteur du type de celui qui vient d'être décrit, le stator 1 entraîne le rotor 4 avec un couple qui est sensiblement constant sur toute la phase d'un cycle élémentaire pendant laquelle le stator 1 et le rotor 4 sont en contact.

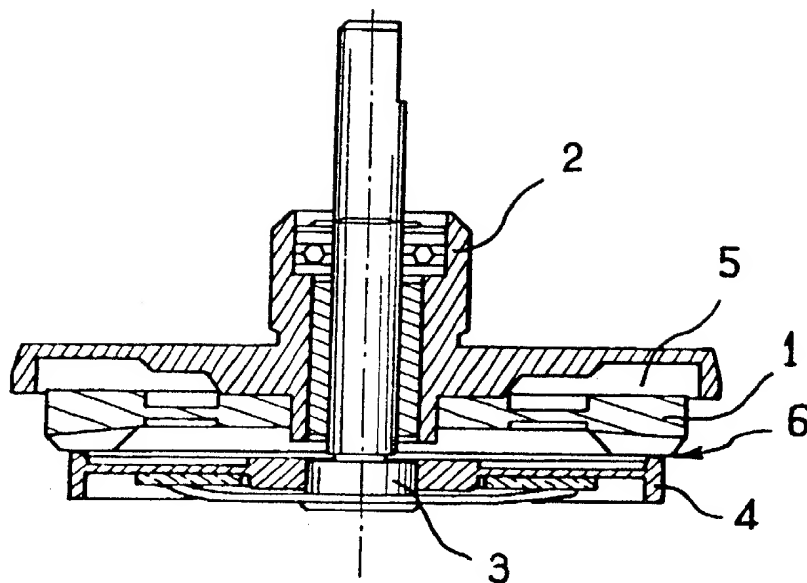
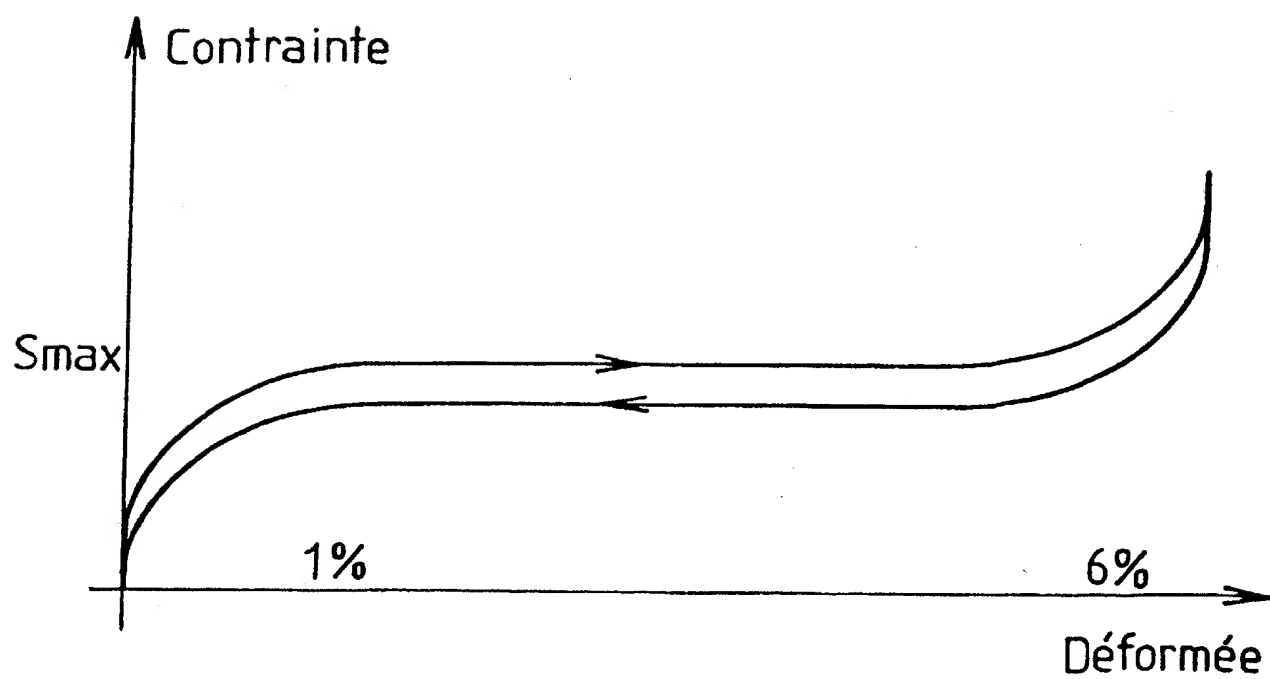
REVENDICATIONS

1. Moteur à vibrations comportant un stator (1) et un rotor (4), ainsi que des moyens d'excitation pour  
5 déformer ledit stator (1) selon un mode vibratoire destiné à lui permettre d'entraîner en rotation le rotor (4), caractérisé en ce qu'il comporte un alliage à mémoire de forme, au niveau d'une zone de contact réciproque entre le rotor (4) et le stator (1).
- 10 2. Moteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le rotor (4) et/ou le stator (1) comporte(nt), au niveau de ladite zone de contact réciproque, une couche (6) en un alliage à mémoire de forme.
- 15 3. Moteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le rotor (4) et/ou le stator (1) comport(ent), au niveau de ladite zone de contact réciproque, un champ d'éléments en un alliage à mémoire de forme.
4. Moteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que les éléments sont des pions.
- 20 5. Moteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'excitation sont commandés de façon que pour chaque cycle élémentaire, le rotor (4) et le stator (1) soient en appui réciproque sans glissement au niveau de ladite zone de contact sur  
25 une première partie du cycle, et sans appui réciproque sur l'autre partie du cycle.

1 / 3

FIG. 1aFIG. 1bFIG. 1c

2 / 3

FIG. 2FIG. 3

3 / 3

FIG. 4a

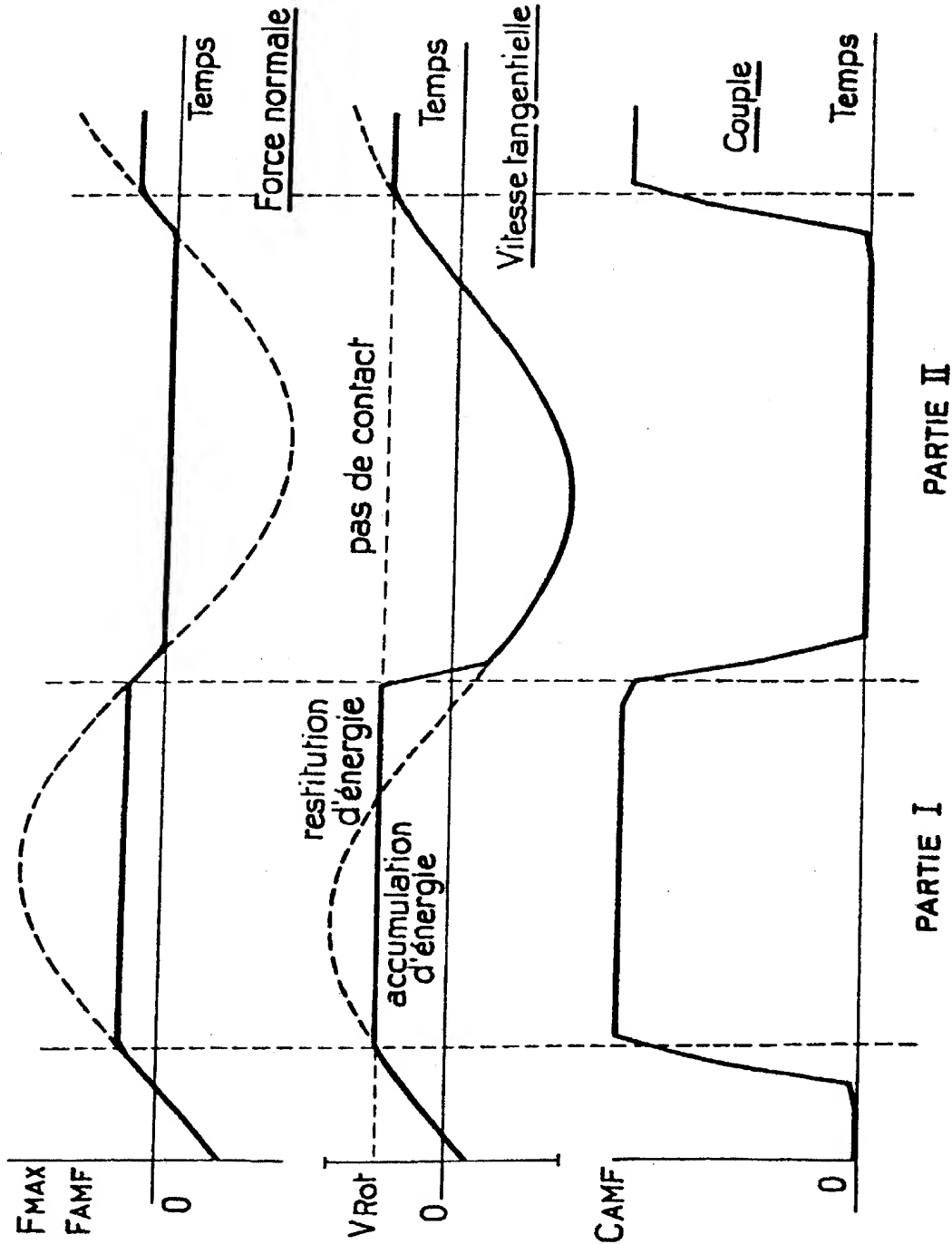


FIG. 4b

FIG. 4c

**INSTITUT NATIONAL**  
**de la**  
**PROPRIETE INDUSTRIELLE**

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 523976  
FR 9514169

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	EP-A-0 612 115 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 24 Août 1994 * abrégé; figure 1 *	1
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 168 (E-747), 21 Avril 1989 & JP-A-64 001483 (INOUE JAPAX RES INC), 5 Janvier 1989, * abrégé *	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL. 6)
		H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
1 Août 1996		Pelsers, L
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général  O : divulgation non écrite  P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons</p> <p>.....  &amp; : nombre de la même famille, document correspondant</p>		